

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 103 09 157.2

Anmeldetag: 28. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: DaimlerChrysler AG; Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Laserschweißen
beschichteter Platten

IPC: B 23 K 26/32

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. November 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

DaimlerChrysler AG

Stückrad

27.02.2003

Verfahren zum Laserschweißen beschichteter Platten

- 5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Laserschweißen beschichteter Platten gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Ein derartiges Verfahren ist bereits aus der JP-04231190 A bekannt.
- 10 Bei vielen beschichteten Platten, insbesondere bei Zink- und organisch beschichteten Blechen wie sie in der Automobilindustrie Verwendung finden, weist das Beschichtungsmaterial einen deutlich niedrigeren Siedepunkt auf als der Schmelzpunkt des Blechmaterials. Dadurch kommt es beim Laserschweißen
- 15 solcherartiger Bleche im Überlapp-Stoß zu explosionsartigen Verdampfungen von Beschichtungsmaterial, welche geschmolzenen Blechwerkstoff mitreißen und die Qualität der Verbindung stark beeinträchtigen.
- 20 Zur Verbesserung der Verbindungsqualität wurde bereits vorgeschlagen, mittels Abstandhaltern enge Spalten zwischen den Blechen zu erzeugen, in die das verdampfte Beschichtungsmaterial entweichen kann. Geeignete kraterförmige Abstandhalter können gemäß der JP 11-047967 durch Laserbeschuß der Oberfläche
- 25 erzeugt werden.

Nachteilig dabei ist zum einen die erforderliche relativ lange Vorbereitungs- und Bearbeitungszeit, welche insbesondere in der Serienproduktion erhebliche Kosten verursacht.

Zum anderen wird immer ein Teil des aufgeschmolzenen Blechmaterials beim Herstellen der Schweißverbindung zwischen den Blechen auch in den Zwischenraum (Spalt) strömen, weshalb dieses Werkstoffvolumen dann im Bereich der Schweißnahtaußenfläche fehlt und Oberflächenfehler in Form von Einbuchtungen hervorruft.

Deshalb wurde bereits in der JP-04231190 A vorgeschlagen, keinen Spalt zwischen den Blechen vorzusehen, sondern diese übereinander zu positionieren und dann zunächst mittels eines ersten Laserstrahl bis zur Verdampfung der Beschichtung zu erwärmen und anschließend die entschichteten Bleche mittels eines zweiten Laserstrahls zu verschweißen. Beide Laserstrahlen und Ihre zugehörigen optischen Einrichtungen werden mittels eines Roboters geführt. Nachteilig daran ist vorrangig der umfangreiche apparative Aufwand für die beiden erforderlichen optischen Systeme.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, den erforderlichen apparativen Aufwand zu senken und dabei die Bearbeitungsqualität mindestens beizubehalten, vorzugsweise zu verbessern.

Die Erfindung ist in Bezug auf das zu schaffende Verfahren durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 wiedergegeben. Die weiteren Ansprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des erfindungsgemäßen Verfahrens (Patentansprüche 2 bis 5).

Die Aufgabe wird bezüglich des zu schaffenden Verfahrens erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwei beschichtete Platten möglichst spaltfrei aufeinander positioniert werden, dann während eines ersten Verfahrensschrittes zunächst die dem Laserstrahl zugewandte Platte mittels des Laserstrahls derart erwärmt wird, daß die Beschichtung beider Platten auf ihren einander zugewandten Seiten verdampft und daß keine Platte schmilzt, und daß danach während eines zweiten Verfahrensschrittes die zwei Platten über dem entschichteten Bereich verschweißt werden, wobei beide Verfahrensschritte mittels des selben Laserstrahls mit im wesentlichen gleicher Leistung und Fokussierung aber unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit durchgeführt werden. Während des ersten Verfahrensschrittes wird der Laserstrahl so schnell verfahren, daß die ihm zugewandte Platte ausreichend erwärmt wird, um die Beschichtung zwischen beiden Platten verdampfen zu lassen, aber die Platte selbst nicht zu schmelzen. Die Beschichtungsdampf verteilt sich zwischen den abstandslos positionierten Platten und kondensiert in kühleren Bereichen, nicht aber in der heißen Bearbeitungszone. Während des zweiten Verfahrensschrittes fährt der Laserstrahl die entschichtete Bearbeitungslinie mit verringerter Vorschubgeschwindigkeit erneut ab. Aufgrund der geringeren Vorschubgeschwindigkeit werden die zwei Platten nun entlang der Bearbeitungslinie aufgeschmolzen und entlang des entschichteten Bereichs miteinander verschweißt.

Der wesentliche Vorteil gegenüber der JP-04231190 A besteht darin, daß nur ein Laserstrahl und somit auch nur eine optische Einrichtung zur Laserstrahlführung benötigt werden, wodurch der apparative Aufwand halbiert wird.

In einer vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Laserstrahl mittels einer Scanner-Einrichtung auf die Oberfläche gelenkt. Eine Scanner-Einrichtung ist eine besonders schnelle und flexible Strahl-
5 ablenk-Einrichtung, beispielsweise ein Spiegelsystem (aus mindestens einem ein- oder mehr-achsig ansteuerbaren schwenkbaren Spiegeln) oder auch akusto-optische Modulatoren.

Der große Vorteil dieser Ausgestaltung des erfindungsgemäßen
10 Verfahrens gegenüber dem in JP-04231190 A vorgeschlagenen besteht darin, daß die Scanner-Einrichtung gleichmäßig relativ zur Oberfläche einer Platte bewegt wird und dabei die Scannereinrichtung den Laserstrahl für einen kurzen Bearbeitungszeitraum über eine Bearbeitungslinie zur Beschichtungsver-
15 dampfung lenkt und dann sehr schnell den Laserstrahl wieder auf deren Beginn umlenkt, um sie erneut aber diesmal langsamer für den Schweißvorgang abzufahren. Hierdurch entfallen sowohl die apparativen Einrichtungen für die optische Führung eines zweiten Laserstrahls als auch die für die Umpositionie-
20 rung der Laserstrahlen erforderlichen Zeiten, während deren ein roboter-geführter Laserstrahl üblicherweise ausgeschaltet werden muß. Somit wird eine sehr hohe Auslastung des Lasersystems ermöglicht. Im Gegensatz dazu werden bei konventionellen Systemen, wie sie beispielsweise in JP-04231190 A zur
25 Anwendung kommen, Laserstrahlen mittels starrer Linsensysteme über die Bearbeitungslinien gelenkt. Um eine neue Schweißnaht zu beginnen, muß der Laserstrahl zu deren Beginn geführt werden und dazu muß das Linsensystem relativ zum Bauteil bewegt werden. Währenddessen muß der Laser ausgeschaltet werden um
30 unbeabsichtigte Entschichtung des Bauteils zu vermeiden. Infolgedessen benötigt diese Ausgestaltung der Erfindung nur einen Bruchteil der Bearbeitungszeit im Vergleich zum Gegenstand der JP-04231190 A.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird der Laserstrahl derart fokussiert, daß sich sein Fokus zwischen 0 und 50 mm, vorzugsweise zwischen 5 und 30 mm, insbesondere circa 20 mm, vor der Oberfläche der dem Laserstrahl zugewandten Platte befindet. Dadurch wird erreicht, daß die Bestrahlungsfläche des Lasers auf der Oberfläche dessen Fokusfläche übersteigt, vorzugsweise um mindestens 50 Prozent, besser 200 Prozent.

10 Alternativ oder additiv dazu kann eine weitere Verbreiterung der Bearbeitungsfläche durch Bewegung der Bestrahlungsfläche mittels minimaler Umlenkung des Laserstrahls (Überlagerung einer transversalen Bewegungskomponente in Hauptvorschubrichtung; sog. Beam Spinning) erreicht werden. Das Beam Spinning
15 kann bei beiden oder auch nur bei einem, vorzugsweise dem zweiten Verfahrensschritt angewandt werden.

Eine solche flächige Erwärmung vergleichmäßigt die Verdampfung der Beschichtung und das Aufschmelzen der Bläse und be-
20 günstigt die Ausbildung einer gleichmäßigen Schweißnaht.

In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgen der erste und zweite Verfahrensschritt alternierend in der Art einer Steppnaht. D.h. zunächst wird eine kurze Bearbeitungslinie von 3 bis 20 mm Länge, vorzugsweise 5 mm, mit hoher Vorschubgeschwindigkeit des Laserstrahls ein- oder mehrfach abgefahren und so entschichtet. Danach wird der Laserstrahl zum Beginn der Bearbeitungslinie zurückgeführt und fährt diese erneut mit verringerter
25 Vorschubgeschwindigkeit schweißend ab. Danach wird der Vorgang in einem geringen Abstand (3 bis 20 mm) in Vorschubrichtung wiederholt und danach erneut verschoben und wiederholt, so daß sich nach und nach eine gestrichelte Schweißnaht in der Art einer Steppnaht ausbildet.

Alternativ können auch zunächst zwei kurze Striche entschichtet werden und erst danach alternierend mit dem Schweißen und Entschichten fortgefahren werden, so daß der Schweißschritt nicht jeweils direkt nach einem Entschichtschritt erfolgt, sondern immer um zwei Schritte versetzt. Dadurch verbleibt dem Beschichtungsdampf mehr Zeit um sich zwischen den Platten zu verteilen und um so seinen Dampfdruck zu reduzieren. Trotzdem ist der Zeitraum zwischen dem ersten und zweiten Verfahrensschritt so gering, daß die entschichtete Platte nur geringfügig abkühlt und somit der Laserstrahl während des zweiten Verfahrensschritt nur geringfügig langsamer geführt werden muß, um ausreichend Energie zum Aufschmelzen und Verschweißen der Platten in diese einzubringen. Auf diese Weise werden die sonst üblichen explosionsartigen Verdampfungen nahezu völlig ausgeschlossen.

Nachfolgend wird anhand der Figur 1 und zweier Ausführungsbeispiele das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert:

Dabei zeigt

Figur 1: Laserstrahlführung zum alternierenden Entschichten und Verschweißen

Gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel werden zwei beschichtete Bleche (wie sie üblicherweise im Automobilbau verwendet werden) spaltlos übereinander ausgerichtet, eine Scanner-Einrichtung wird gleichmäßig darüber verfahren und lenkt einen Laserstrahl nacheinander auf mehrere Bearbeitungslinien. Die Scanner-Einrichtung besteht aus einem zwei-dimensional schwenkbaren computer-gesteuerten Spiegelsystem. Die Scanner-

einrichtung weist circa 320 mm Abstand zur Oberfläche des ersten Bleches auf. Der Fokus des Laserstrahls befindet sich circa 20 mm vor der Oberfläche des ersten Bleches. Die Bestrahlungsfläche ist circa 200 Prozent größer als die Fokusfläche. Gemäß Figur 1 wird der defokussierte Laserstrahl schnell (Vorschubgeschwindigkeit: circa 10 m/s) mehrfach (vierfach hinlaufend und vierfach rücklaufend, vgl. Fig.1) über eine Bearbeitungslinie von circa 5 mm Länge geführt. Durch die Defokussierung des Laserstrahls erfolgt eine flächige und gleichmäßige Erwärmung der Bearbeitungsflächen, die aufgrund des mehrfachen Durchlaufens ausreicht, um das laserzugewandte Blech soweit zu erwärmen, daß die Beschichtung beider Bleche zwischen diesen verdampft und sich zwischen den Blechen verteilt, wo der Dampf in kühleren Bereichen kondensiert. Nach der Entschichtung dieser ersten Bearbeitungslinie wird der Vorgang entlang einer zweiten Bearbeitungslinie wiederholt, deren Beginn sich in Vorschubrichtung des Lasers circa 5 mm vom Ende der ersten Bearbeitungslinie befindet. Danach erfolgt das Laserschweißen entlang der zu erst entschichteten Bearbeitungslinie mit verringerter Vorschubgeschwindigkeit. Dem schließt sich eine dritte Entschichtungsline sowie eine zweite Schweißnaht an. Diese alternierenden Verfahrensschritte werden fortgeführt, so daß sich eine gestrichelte Schweißnaht in der Art einer Steppnaht ausbildet.

25

In einem zweiten Ausführungsbeispiel wird analog zum ersten Ausführungsbeispiel verfahren, aber der Grad der Defokussierung wird verringert. Der Fokus des Laserstrahls befindet sich nur circa 5 mm über der Oberfläche des ersten Bleches. Dadurch ist die Bearbeitungsfläche kleiner (Die Bestrahlungsfläche ist circa 50 Prozent größer als die Fokusfläche) und

30

die Intensität bei gleicher Laserleistung höher. Der Laserstrahl wird wieder über die Bearbeitungslinie geführt, allerdings mit vierfacher Vorschubgeschwindigkeit um ein vorzeitiges Aufschmelzen des Bleches zu vermeiden. Der Vorschubbewegung wird eine transversalen Bewegungskomponente in Hauptvorschubrichtung überlagert (sog. Beam Spinning). Der Strahl vollführt eine Spiral- oder sinusartige Bewegung um die Bearbeitungslinie. So kann bei hoher Laserleistung pro Flächeneinheit trotzdem eine gleichmäßige Bearbeitung einer breiten

5
10 Bearbeitungsfäche gewährleistet werden. Gleichzeitig kann durch die stärkere Fokussierung bei geeigneter Wahl der Transversalbewegung auch eine exaktere Schweißnaht komplizierterer Geometrie erzeugt werden.

15 Das erfindungsgemäße Verfahren erweist sich in den Ausführungsformen der vorstehend beschriebenen Beispiele als besonders geeignet für das Laserschweißen beschichteter Bleche in der Automobilindustrie.

20 Insbesondere können so erhebliche Vorteile bezüglich des apparativen Aufbaus erzielt werden. Aber auch die Bearbeitungszeit wird verkürzt und der Korrosionsschutz wird durch den fehlenden Spalt, in dem sich sonst Feuchtigkeit sammeln könnte, verbessert.

25

Die Erfindung ist nicht nur auf die zuvor geschilderten Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern vielmehr auf weitere übertragbar.

30

So ist zum Beispiel denkbar, daß die Scanner-Einrichtung anstatt durch ein Spiegelsystem durch akusto-optische Modulator-

ren auszubilden. Ferner ist es möglich statt den Laserscanner über die Bauteiloberfläche zu führen, die Bauteile unter einem ortsfesten Scanner zu bewegen. Gegebenenfalls können Scanner und Bauteil eine gegenseitig koordinierte Bewegung
5 vollführen.

Auch der Abstand der Scanner-Einrichtung vom Blech und der Grad der Defokussierung sind nicht zwingend und können bei Bedarf, beispielsweise an die Laserleistung oder auch an das
10 Material von Blech und/oder Beschichtung, angepaßt werden. Zusätzlich kann es vorteilhaft sein, die Laserleistung während der Bestrahlung in geeigneter Weise zu variieren.

Des weiteren ist das Verfahren nicht auf das Schweißen beschichteter metallischer Bleche beschränkt, sondern auch auf
15 das Schweißen von Kunststoffplatten anwendbar.

DaimlerChrysler AG

Stückrad
27.02.2003Patentansprüche

1. Verfahren zum Laserschweißen von zwei beschichteten
Platten, die möglichst spaltfrei aufeinander positioniert
5 werden,

wobei während eines ersten Verfahrensschrittes zunächst die
dem Laserstrahl zugewandte Platte mittels des Laserstrahls
derart erwärmt wird,

10 daß die Beschichtung beider Platten auf ihren einander
zugewandten Seiten verdampft,

daß keine Platte schmilzt,

wobei danach während eines zweiten Verfahrensschrittes die
zwei Platten über dem entschichteten Bereich verschweißt wer-
den,

15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,

20 daß beide Verfahrensschritte mittels des selben Laserstrahls
mit im wesentlichen gleicher Leistung und Fokussierung aber
unterschiedlicher Vorschubgeschwindigkeit durchgeführt wer-
den.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
25 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,
daß der Laserstrahl mittels einer Scanner-Einrichtung auf die
Oberfläche gelenkt wird.

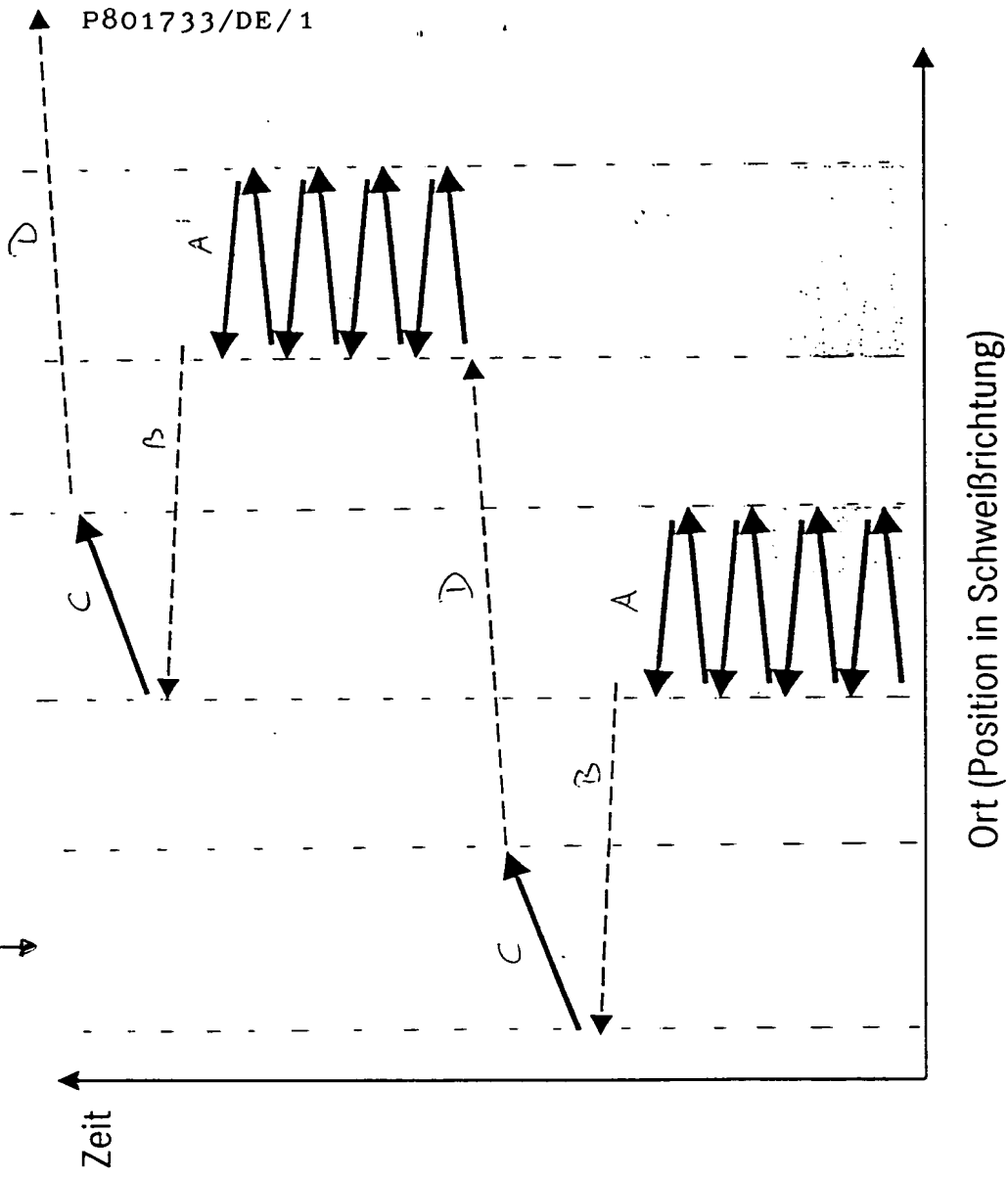
30

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß der Laserstrahl derart fokussiert wird, daß sich sein
5 Fokus zwischen 0 und 50 mm, vorzugsweise circa 20 mm, vor der
Oberfläche der dem Laserstrahl zugewandten Platte befindet.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß der Laserstrahl während des zweiten Verfahrensschrittes
derart geführt wird,
daß seiner Hauptvorschubrichtung eine transversale Bewegungs-
komponente überlagert wird (sog. Beam spinning).

15 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
der erste und zweite Verfahrensschritt alternierend erfolgen
in der Art einer Steppnaht.

z.B. Steppnähte



Bearbeitungsfolge:

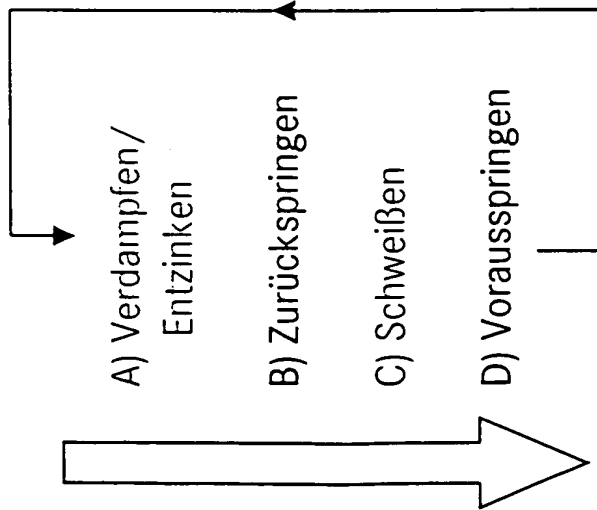


Fig. 1

DaimlerChrysler AG

Stückrad

27.02.2003

ZusammenfassungVerfahren zur Laserschweissen beschichteter Platten.

- Bei vielen beschichteten Platten, insbesondere bei Zink- und
5 organisch beschichteten Blechen wie sie in der Automobil-
industrie Verwendung finden, weist das Beschichtungsmaterial
einen deutlich niedrigeren Siedepunkt auf als das Material
des Bleches. Dadurch kommt es beim Laserschweissen derartiger
Bleche zu eruptionsartigen Verdampfungen von Beschichtungsma-
10 terial, welche die Qualität der Verbindung stark beeinträch-
tigen. Zur Verbesserung der Verbindungsqualität wurde bereits
vorgeschlagen keinen Spalt zwischen den Blechen vorzusehen,
sondern diese übereinander zu positionieren und dann zunächst
mittels eines ersten Laserstrahl bis zur Verdampfung der Be-
15 schichtung zu erwärmen und anschließend die entschichteten
Bleche mittels eines zweiten Laserstrahls zu verschweißen.
Nachteilig daran ist vorrangig der umfangreiche apparative
Aufwand für die beiden erforderlichen optischen Systeme.
- 20 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin,
den apparativen Aufwand zu senken und dabei die Bearbeitungs-
qualität mindestens beizubehalten, vorzugsweise zu verbes-
sern.
- 25 Die Aufgabe wird gelöst, durch ein Verfahren, bei dem mittels
eines einzigen Laserstrahls zunächst alle Platten entschich-
tet werden und danach die Platten mit demselben Laserstrahl
entlang der Entschichtung verschweißt werden.